木瓜淹水前後栽培管理及復育技術之建立

黃士晃 [1]*

摘要

本計畫針對木瓜淹水前後建立栽培管理及災後復育技術，以減輕木瓜淹水災害損失及對植株生長之影響。在預防措施上，木瓜幼苗接種菌根菌或再配合亞磷酸處理對淹水受害程度均有減輕效果；木瓜不同種苗 (實生苗、扦插苗、嫁接苗及組培苗) 經淹水後，實生苗雖黃化落葉較為快速，然於淹水後有較佳的根系恢復能力。在復育技術上，根據木瓜淹水後不同受損程度，可建立 5 級木瓜淹水損害指標；木瓜實生苗於淹水後隔日進行除葉，可降低植株淹水損害程度，並有助於淹水後植株生長之恢復；田間木瓜結果株淹水後，利用除葉及疏果等復育處理可降低木瓜植株受損及死亡情形，並加速植株恢復葉片生長、重新開花及結果。

關鍵詞：木瓜、淹水、菌根菌、亞磷酸、復育技術。

前言

木瓜是半草本熱帶果樹，根系屬肉質根，不耐淹水，臺灣每年梅雨季至颱風季的豐沛雨水常造成木瓜根系受損與腐爛，尤其在高溫潮濕環境下，更助長疫病發生，導致樹勢衰弱甚至死亡，需配合相關防災措施加以預防，並於災後建立適當復耕措施，以降低災害程度 (黃，2009；黃，2014)。叢枝菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, AMF) 為存在於土壤內之有益真菌，能與多種作物共生形成菌根，有助植物吸收水分及營養，尤其能增進磷肥吸收，因而節省磷肥施用 (吳及林，1998)，此外對於耐乾旱及病害逆境也有很好的效果 (黃等人，2006)，能提高木瓜移植成活率並促進木瓜之生長 (邱等人，2004；王，2007)。亞磷酸是一種緩效性磷肥，已有許多報告指出亞磷酸具有誘導植物增強抗病性的間接防病功效，田間試驗也顯示對於許多作物之疫病、露菌病等均有相當良好之抗病效果 (安，2001；鄭及吳，2009)。為減輕淹水災害對木瓜生產造成的傷害，維持穩定生產優質與安全之果品，需加強災害預防措施及復育技術的研發，因此本計畫擬建立木瓜淹水前後栽培管理及復育技術，以降低災害對木瓜產業造成的損失及影響。

---

1 行政院農委會臺南區農業改良場助理研究員 shhuang@mail.tndais.gov.tw。

* 通訊作者電子信箱：shhuang@mail.tndais.gov.tw；電話：06-5912901#508。

材料及方法

一、降低災害損害之栽培管理模式建立

1. 菌根菌接種配合亞磷酸處理

臺農 2 號木瓜播種育苗時接種菌根菌，再取苗齡 1–2 個月植株以亞磷酸與氫氧化鉀 1000 倍中合液進行葉面噴灑處理，每周進行 1 次，共處理 3 次，進行淹水 24 小時，每試驗處理 5 株，4 重複，淹水後調查處理植株與對照組受損情形。

2. 不同淹水時間下菌根菌接種及亞磷酸處理

接種菌根菌及接種菌根菌配合亞磷酸處理臺農 2 號木瓜幼苗，分別進行淹水 24 及 48 小時處理，每試驗處理 3 株，4 重複，淹水後調查不同處理植株受損情形。

3. 不同種苗對淹水災害之影響

臺農 2 號木瓜實生苗、扦插苗、嫁接苗及組培苗，以 4 吋高軟盆上盆培育，進行淹水 48 小時，每試驗處理 3 株，4 重複，淹水後調查不同處理植株受損及恢復情形。

二、災害復育技術之建立

1. 木瓜淹水損害指標建立

依據木瓜淹水後植株受損情形建立木瓜淹水受損級數之損害指標。

2. 木瓜受損植株除葉試驗

臺農 2 號木瓜實生苗 2 個月苗齡，進行淹水 48 小時，並於淹水結束後隔日，每株除葉 3 片，每試驗處理 3 株，4 重複，調查不同處理植株受損及恢復情形。

3. 田間淹水復育試驗

臺農 2 號定植 10 個月之木瓜植株，於颱風淹水受損後第 3 日，選取淹水損害指標第 3 級植株，分別進行以下處理：(A) 疏除所有下垂葉及全部果實；(B) 疏除所有下垂葉及 1/2 數量之果實；(C) 疏除黃化萎凋葉及 1/3 數量之果實；(D) 不除葉且不疏果，每處理 1 株，三重複，淹水後第 1 週全區噴施亞托敏藥劑 2500 倍，第 2 及第 3 週噴施亞托敏藥劑 2500 倍、必達肥 (20-20-20) 1000 倍及新根毛王 1000 倍，每週調查植株生長恢復情形至淹水後第 10 週止。

結果

一、降低災害損害之栽培管理模式建立

1. 菌根菌接種配合亞磷酸處理

試驗結果 (表 1) 顯示於淹水結束後第 3 日，中下位葉葉片之葉綠素計值明顯降低，下位葉甚至呈現黃化或萎凋現象，處理組累計黃葉率及落葉率為 18.9%

及 2.2%，對照組為 15%及 0.6%。平均受損級數處理組為 2.8 級，對照組為 3.2 級。於淹水結束後第 10 日，處理組累計黃葉率及落葉率提高為 26.7%及 35%，對照組為 17.2%及 74.4%。平均受損級數處理組為 3.2 級，對照組為 4.3 級，植株根腐死亡率處理組與對照組分別為 45%與 20%。

2. 不同淹水時間下菌根菌接種及亞磷酸處理

試驗結果 (表 2) 顯示淹水結束後第 3 日，在淹水 24 小時處理，兩處理組或對照組不論是葉片葉綠素計值變化或淹水受損級數均無明顯差異，且落葉率均為 0%；在淹水 48 小時處理，對照組之下位葉葉綠素計值低於兩處理組，淹水受損級數為 2.9 級，高於兩處理組之 2.3 級，在落葉率上，對照組為 22.6%，亦高於菌根菌處理組之 8.7%及菌根菌配合亞磷酸處理之 10.7%。

3. 不同種苗對淹水災害之影響

試驗結果 (表 3) 顯示臺農 2 號不同種苗木瓜進行淹水 48 小時，淹水後第 3 日，多數新根受損腐爛，植株呈現葉片下垂、萎凋黃化等急性受害徵狀，不同種苗間，以實生苗之淹水損害指標 3.0 級為最高，組培苗、扦插苗及嫁接苗分別為 2.3、2.4 及 2.5 級，黃葉率亦以實生苗 27.1%為最高，組培苗、扦插苗及嫁接苗分別為 11.8、15.3 及 11.1%；淹水後第 7 日，下位葉開始大量落葉，落葉率以實生苗 25.7%為最高，其次分別為嫁接苗 20.8%、組培苗 17.4%及扦插苗 14.6%，受損較輕微植株，根群開始萌發新根，以維持植株生理機能，新葉並恢復膨壓；淹水後第 14 日，多數植株恢復生長，淹水損害指標以嫁接苗 2.8 級為最高，其次組培苗 2.3 級、扦插苗 2.2 級及實生苗 1.5 級，累計落葉率以嫁接苗 38.9%為最高，其次為扦插苗 34.7%、組培苗 31.3%及實生苗 29.9%，新根級數以實生苗 2.6 級為最高，其次為扦插苗 1.7 級、組培苗 1.5 級及嫁接苗 0.8 級。

表 1. 菌根菌接種配合亞磷酸處理對木瓜淹水後植株損害情形之影響

Table 1. Effect of mycorrhizal fungi inoculation combined with neutralized phosphorus acid treatment on the flooding damage of papaya seedlings.

項目	時期	葉數	累計黃葉率 (%)	累計落葉率 (%)	淹水受損級數	植株死亡率 (%)
CK	淹水前	9.0±0	-	-	-	-
	淹水後 3 日	9.0±0.2	15 ± 19.8	0.6±2.5	3.2±0.9	0
	淹水後 10 日	2.6±0.7	17.2 ± 19.6	74.4±5.2	4.3±0.8	45
菌根菌+亞磷酸	淹水前	9.0±0	-	-	-	-
	淹水後 3 日	8.8±0.8	18.9 ± 23.1	2.2±4.6	2.8±0.8	0
	淹水後 10 日	6.2±2.4	26.7 ± 21.4	35±24.8	3.2±1.1	20

表 2. 不同淹水時數對菌根菌接種及亞磷酸處理木瓜於淹水後 3 日植株損害之影響
Table 2. Effect of flooding duration and mycorrhizal fungi inoculation combined with neutralized phosphorus acid treatment on the flooding damage of papaya seedlings for 3 days following flooding.

淹水時數	處理項目	葉綠素計值			淹水受損級數	落葉率 (%)
		第 3 葉	第 5 葉	第 7 葉		
24	CK	53.6±5.1	43.4 ± 2.2	37.9 ± 3.8	1.3±0.4	0
	菌根菌	51.9±4.3	42.8 ± 3.8	39.7 ± 11.4	1.2±0.8	0
	菌根菌+亞磷酸	49.7±4.7	45.6 ± 2.9	37.8 ± 1.7	1.3±0.4	0
48	CK	43.8±9.5	36.7 ± 10.3	15.8 ± 14.8	2.9±0.5	22.6±15.6
	菌根菌	48.6±4.1	38.3 ± 3.3	26.6 ± 9.6	2.3±0.7	8.3±9.0
	菌根菌+亞磷酸	43.9±8.3	41.1 ± 2.8	24.6 ± 12.3	2.3±0.9	10.7±18.9

二、災害復育技術之建立

1. 木瓜淹水損害指標建立

根據木瓜淹水受損反應，建立以下 5 級指標 (圖 1) 。1 級：為正常植株，葉片具膨壓，無明顯黃化或下垂現象。2 級：為受損輕微植株，葉片具膨壓，部份中下位葉下垂，未明顯萎凋。3 級：為中度受損植株，下位葉下垂萎凋或明顯黃化，上位葉葉片仍具有部分膨壓及維持綠色。4 級：為重度受損植株，全株葉片喪失膨壓，下位葉萎凋及黃化，並伴隨落葉，上位葉呈現半萎凋狀態。5 級：植株嚴重落葉並枯萎死亡。其根系表現情形為：1 級植株為根系正常，2 級植株新根部分腐爛，3 級植株為新根及支根半數腐爛，4 級植株為新根及支根全數腐爛，5 級植株為主根腐爛。

2. 木瓜受損植株除葉試驗

試驗結果 (表 4) 顯示淹水後第 3 日，葉片明顯出現萎凋及落葉等急性受害徵狀，淹水損害指標方面，處理組與對照組分別為 3.2 級與 3.7 級，累計落葉率方面，分別為 41.7% (含人為除葉部分) 及 44.4%；淹水後第 7 日，植株落葉趨緩，部分植株開始恢復新根生長，淹水損害指標方面，處理組與對照組分別為 2.3 級與 3.2 級，累計落葉率方面，分別為 55.6% (含人為除葉部分) 及 64.8%；淹水後第 14 日，植株多數恢復正常生長，淹水損害指標方面，處理組與對照組分別為 1.1 級與 1.6 級，累計落葉率方面，分別為 55.6% (含人為除葉部分) 及 65.7%；新根級數方面分別為 2.3 級與 1.4 級，新葉數分別為 2.5 片及 2.1 片葉。

3. 田間淹水復育試驗

試驗結果 (表 5) 顯示 C 及 D 處理均有 33.3%之死亡率，恢復正常生長所需週數以 A 處理 4 周為最快，C 及 D 處理 7 週為最慢；重新開花所須週數及重新結果所須週數，均以 A 處理分別為 5 周及 6.7 周為最快，D 處理截至淹水後 10 週仍未重新開花結果。在淹水後淹水受損級數之變化上 (圖 2) ，A、B、C 及 D 處理分別於第 1、2、2 及 3 週達到最大受損級數，之後再開始逐漸下降，並以 A 及 B 處理之下降幅度大於 C 及 D 處理；在葉數變化上 (圖 3) ，A 及 B 處理分別在第 2 及 3 週起反彈逐漸增加，C 及 D 處理則遲至第 5 及 6 週才有明顯回升增加；在果數變化上 (圖 4) ，各處理在 3 週內明顯下降，A 及 B 處理在第 7 及 8 週開始回升增加，CD 處理則未有增加。本試驗木瓜植株為第 3 級受損植株，於田間淹水後 1 週內明顯呈現中下位葉下折，隨著時間增加，第二週起由下位葉往上位葉，會產生葉色下降或黃化，並伴隨萎凋及落葉，新葉也因蒸散作用而導致葉片膨壓下降，呈現半萎凋狀，受害植株之果實，提早大量黃化轉色，甚或軟化掉落，3 週內，所有果實幾乎均黃熟，然果實多數品質不良，除第 1–2 週果實糖度尚有 10 °Brix 外，第 3 週之果實均為 7–8 °Brix，並且容易發生果實病害。

圖 1. 木瓜淹水損害指標

Fig 1. Flooding injury indexes of papaya.

表 3. 木瓜不同種苗淹水後受損情形之比較

Table 3. Comparison of 4 different kinds of papaya seedlings on the flooding damage after 3, 7 and14 days of flooding.

淹水後天數	種苗類別	損害指標	總葉數	累計落葉率	累計新葉	新根級數
3	實生苗	3.0±0.7	12.1±0.5	1.4 ± 3.2	0.2±0.4	0
	組培苗	2.3±0.8	12.1±0.3	0.7 ± 2.4	0.2±0.4	0
	扦插苗	2.4±1.2	12.6±0.5	0	0.3±0.5	0
	嫁接苗	2.5±0.7	12.0±0.4	0.7 ± 2.4	0.2±0.4	0
7	實生苗	1.9±0.7	9.2±1.7	25.7 ± 13.5	0.4±1.6	2.1±0.9
	組培苗	2.2±0.8	10.2±2.1	17.4 ± 16.8	0.4±2.0	1.5±1.2
	扦插苗	2.8±1.1	10.9±2.0	14.6 ± 15.5	0.7±1.9	1.3±1.4
	嫁接苗	2.8±1.1	9.6±2.5	20.8 ± 18.6	0.3±2.2	1.0±1.0
14	實生苗	1.5±0.7	9.4±2.0	29.9 ± 14	1.1±0.7	2.6±0.7
	組培苗	2.3±1.1	9.0±2.5	31.3 ± 21.7	0.8±0.6	1.5±1.0
	扦插苗	2.2±1.2	8.8±3.2	34.7 ± 24.1	1.3±0.8	1.7±1.2
	嫁接苗	2.8±1.5	8.8±3.6	38.9 ± 25.7	0.7±0.7	0.8±0.9

表 4. 除葉處理對木瓜淹水後受損情形之影響

Table 4. Effect of defoliation on the flooding damage of papaya seedlings after 3, 7, 14 and 21 days of flooding.

淹水後天數	處理	損害指標	葉數	累計新葉數	累計落葉率	新根級數
3	CK	3.7±0.5	5.2±1.4	0	44.4 ± 13.4	0
	除葉	3.2±0.7	5.8±0.9	0	41.7 ± 9.6	0
7	CK	3.2±0.8	3.8±0.8	0.7±0.5	64.8 ± 10.4	0.6±0.5
	除葉	2.3±1.0	4.9±1.3	0.9±0.5	55.6 ± 16.4	1.4±0.9
14	CK	1.8±0.8	4.2±1.0	1.1±0.5	65.7 ± 10	1.8±0.9
	除葉	1.3±0.8	5.6±1.4	1.6±0.5	55.6 ± 10.4	2.5±0.8
21	CK	1.6±0.7	5.2±0.6	2.1±0.7	65.7 ± 10.0	1.8±0.8
	除葉	1.1±0.3	6.4±1.6	2.5±0.7	56.5 ± 16.0	2.5±0.8

表 5. 木瓜不同除葉與疏果處理對受損植株生長恢復情形之比較

Table 5. Comparison of 4 different kinds of defoliation and fruit thinning treatments on the growth of leaf, flower and fruit of damaged papaya plants.

處理 [z] 項目	植株死亡率	生長恢復 所需週數	重新開花 所需週數	重新結果 所需週數
A	0	4.0	5.0	6.7
B	0	5.0	6.7	7.7
C	33.3	7.0	9.0	10.0
D	33.3	7.0	-	-

[z] A：疏除所有下垂葉及全部果實；B：疏除所有下垂葉及 1/2 量果實。
C：疏除黃化萎凋葉及 1/3 量果實；D：不除葉且不疏果。

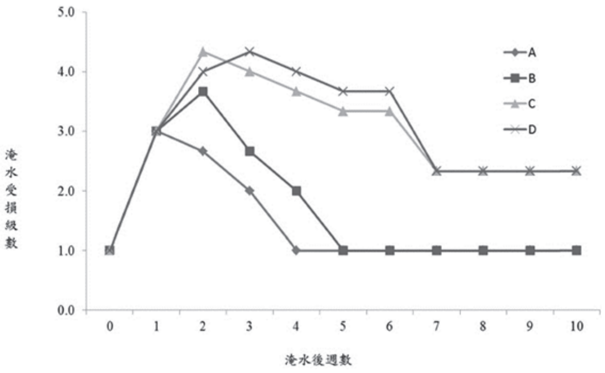

圖 2. 木瓜不同除葉與疏果處理於淹水後之淹水受損級數變化

Fig. 2. Changs in flooding injury indexes of the papaya plants treated with different kinds of defoliation and fruit thinning after flooding.

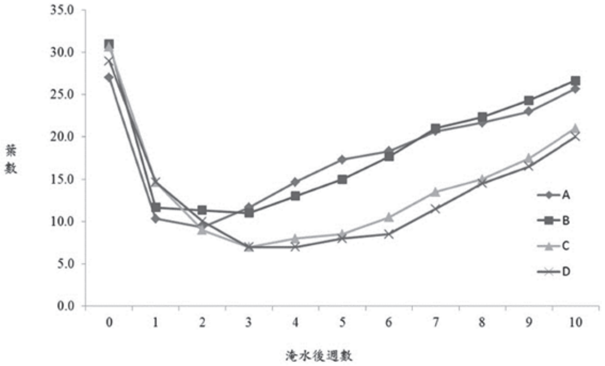

圖 3. 木瓜不同除葉與疏果處理於淹水後之葉數變化

Fig. 3. Changs in leaf numbers of the papaya plants treated with different kinds of defoliation and fruit thinning after flooding.

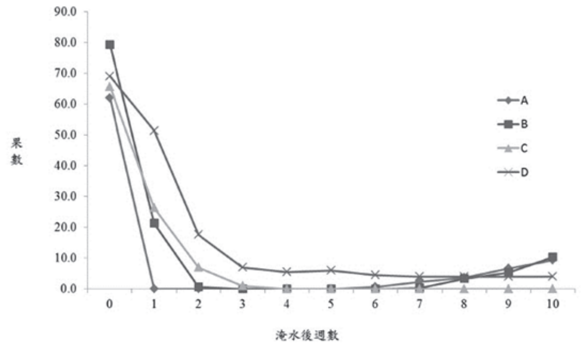

圖 4. 木瓜不同除葉與疏果處理於淹水後之果數變化

Fig. 4. Changs in fruit numbers of the papaya plants treated with different kinds of defoliation and fruit thinning after flooding.

討論

一、降低災害損害之栽培管理模式建立

木瓜幼苗以菌根菌接種再以亞磷酸處理，對於淹水後之植株之受損情形具有減輕效果，植株因淹水及疫病感染死亡之比率也相對降低，推測與接菌植株樹勢與根系發展較佳，以及亞磷酸處理可降低病害發生有關。若以不同時間淹水處理，可發現於 11 月相對低溫季節，淹水 24 小時對處理組與對照組均無明顯受損影響，可能與溫度和日照量相對較低，植株淹水後之葉片水分散失和緩、根部呼吸量較低且病害不易發生有關 (蕭及李，2012)。同試驗淹水 48 小時則對木瓜幼苗產生明顯損害，下位葉發生黃化萎凋及落葉現象，單純接菌植株與接菌配合亞磷酸處理相較於對照組均能減輕淹水損害程度，然兩處理並無明顯差異，由於本試驗木瓜植株均無未因病害死亡，推測與低溫季節病害發生率不高有關，因此亞磷酸處理之效應並未顯現。

阮 (2005) 指出不同品種的木瓜依淹水之耐受性不同可分為 3 群，臺農 2 號木瓜屬於中度淹水適應族群，目前臺農 2 號木瓜商業生產之種苗包括實生苗、扦插苗、嫁接苗及組培苗等 4 種，後 3 者屬於無性繁殖苗，扦插及組培苗之根系為不定根，實生苗及嫁接苗之根系則為原生根系，理論上實生苗及嫁接苗之根系較為強健及完整，幼年性較高，遭遇淹水逆境後之根系生長能力應較佳 (黃等人，2009)，本試驗結果顯示實生苗的確具有較佳的根系恢復能力，然而嫁接苗於淹水後之根系發育卻不佳，推究其原因可能與砧木苗根系老化及接穗幼年性較低有關。由相關試驗觀察中也發現只要是生長勢強健及根系發育良好之植株或種苗，於淹水後之受損程度均較輕微，也較快恢復生長。

二、災害復育技術之建立

木瓜對淹水極為敏感，淹水後因根部缺氧腐爛，無法補給生理及蒸散所需水分，葉片會快速產生下垂、黃化、萎凋及落葉等生理現象，一般會由下位葉往上位葉產生上述生理反應，並藉由葉片逐漸黃化落葉之過程來減少水分喪失，不同植株狀態、不同淹水時間及不同氣候條件等對於木瓜淹水後之受損反應皆明顯不同，於淹水後之受損情形亦可能隨時間而有不同變化，因此建立木瓜淹水受損級數之指標，利用地上部損害情形來評估根系受損情況，提供降低損害處理之評估依據，也能針對不同淹水程度植株，選擇適合之復育處理條件，對於未來提供農民實行復育技術時，可提供較清楚及明確的判斷原則。

木瓜幼苗淹水後雖自體會快速黃化及落葉以減少水分散失，若於淹水後立即進行人工部分除葉，以下垂萎凋葉優先除葉，降低樹體水分散失，可減輕樹體缺水傷害，1 週後即能開始恢復新根生長，供應地上部葉片生理所需水分，當葉片逐漸恢復膨壓，

正常進行光合作用，隨後就能回饋根部營養以促進新根持續發育，並開始萌生新葉，促進植株樹勢恢復。田間結果株遇淹水逆境時，葉片下垂、萎凋、黃化及落葉，植株及花果生長明顯受到抑制，造成開花結果停止，果實也經由提早黃化落果來降低營養需求，這些都是木瓜植株為求生存所進行之生理調節，因此藉由人為方式提早進行除葉及疏果處理，減輕樹體及根群之負擔，並配合噴施營養劑、發根藥劑及殺菌劑等，避免淹水受損情形惡化，且藉由促進葉片及根系恢復正常生長，即可加速植株樹勢恢復，當葉片數逐漸恢復至 15–18 片葉以上時，植株即可具備重新開花結果之能力。由試驗結果也可知疏除之下垂葉片數及果數越多，越能促進樹勢提早恢復，但在經濟考量上，疏除下垂葉片及半數以上中小果，除能有效降低樹體負擔，且因下方接近成熟之果實品質較不受淹水影響，營養積儲能力較低，能在淹水後 2 週內採收販售，對農民而言是較有利且可行之作法。

參考文獻

王均琍。2007。菌根菌應用於經濟果樹之栽培。農業生技產業季刊。12:42–48。

安寶貞。2001。植物病害的非農藥防治品-亞磷酸。植物病理學會刊。10:147–154。

吳繼光、林素楨。1998。囊叢枝內生菌根菌應用技術手冊。農委會農業試驗所。pp.54。

阮一月。2005。番木瓜在淹水逆境下之生長及生理反應。(未出版之博士論文)。國立中興大學，臺中市。

邱展臺、黃天民、柯天雄、王均琍。2004。繡球屬叢枝菌根菌對木瓜植株生長及果實生產之促進。植物種苗。6(2):42–55。

黃士晃。2009。木瓜災害復耕技術。農業世界。313:22–25。

黃士晃。2014。木瓜防災管理要點。農業世界。376:26–32。

黃士晃、張錦興、林棟樑。2009。番木瓜種苗及繁殖方式簡介。臺南區農業改良場農業專訊。70:3–6。

黃瑞彰、林晉卿、黃山內。2006。內生菌根菌對番茄生育及逆境之評估與利用。臺南區農業改良場研究彙報。48:23–34。

鄭安秀、吳雅芳。2009。天然災害後木瓜病害的發生與管理。「天然災害作物復育之病害管理」研討會專刊。pp.141–149。

蕭元彰、李國譚。2012。土壤水分逆境對果樹生理之影響。臺灣園藝。58(3):185–197。

Establishing the Management and Restoration Techniques for Flooding Papaya.

Huang Shih-Huang[1]*

Abstract

The main purpose of this study was to establish the management and restoration techniques for papaya to reduce flooding lose and damage. The result showed that arbuscular mycorrhizal fungi inoculation and it combined with neutralized phosphorus acid treatment can reduce the flooding injury. We used 4 kinds of papaya seedlings to test flooding tolerance. The leaves of the true seedlings turned yellowing and were falling more quickly than other seedlings, but the growth of new roots of true seedlings were higher than other seedlings after flooding. We set five flooding injury indexes according to the wilting and damage degree on the papaya plants. Using defoliation treatment on the next day after flooding can reduce flooding damage degree of papaya and increase the recovery growth of damaged plants. Using defoliation and fruit thinning can reduce flooding injury and death rate of damaged papaya plants. This restoration technology also can accelerate the regrowth of leaf, flower and fruit of damaged papaya plants.

Keywords: Papaya, Flooding, Arbuscular mycorrhizal Fungi, Phosphorous Acid, Restoration technology.

1 Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.
* Corresponding Author, Email: shhuang@mail.tndais.gov.tw; Tel: 06-5912901#508.